

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-131064

(43)Date of publication of application : 08.05.2003

(51)Int.Cl.

G02B 6/255

G02B 6/13

(21)Application number : 2001-330475

(71)Applicant : IBIDEN CO LTD

(22)Date of filing : 29.10.2001

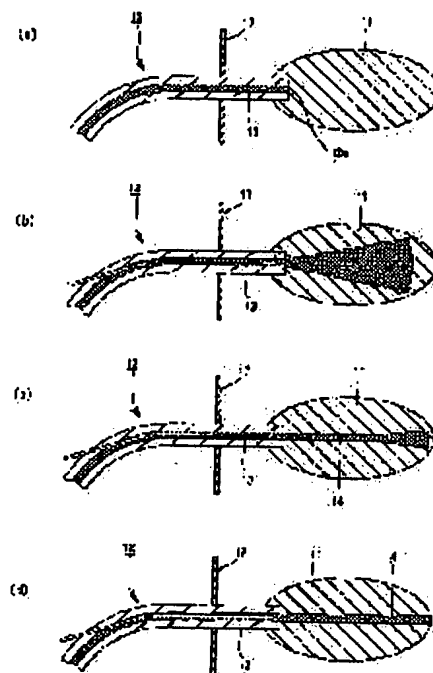
(72)Inventor : HIROSE NAOHIRO

(54) METHOD FOR MANUFACTURING OPTICAL WAVEGUIDE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for manufacturing optical waveguide which can form a core by using a self-forming optical waveguide technology without constraint of constitution of an optical line and optical components, etc.

SOLUTION: In the method for manufacturing optical waveguide, the core corresponding to a light path in a photosensitive composition is formed by irradiating a photosensitive composition with light from one end face of the optical line after the one end face of the optical line is immersed in the photosensitive composition. The light radiated from one end face of the optical line enters through a side face of the optical line.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

19.08.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-131064

(P2003-131064A)

(43) 公開日 平成15年5月8日 (2003.5.8)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト* (参考)
G 0 2 B	6/255	G 0 2 B	3 0 1
	6/13		2 H 0 3 6
			M 2 H 0 4 7

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2001-330475 (P2001-330475)

(22) 出願日 平成13年10月29日 (2001. 10. 29)

(71) 出願人 000000158

イビデン株式会社

岐阜県大垣市神田町2丁目1番地

(72) 発明者 広瀬 直宏

岐阜県揖斐郡揖斐川町北方1-1 イビデン株式会社内

(74) 代理人 100086586

弁理士 安富 康男

Fターム (参考) 2H036 MA03 MA04

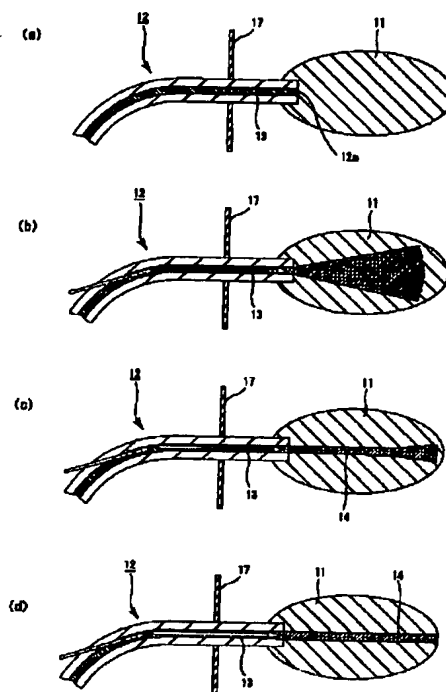
2H047 MA05 PA22 PA28 QA05 TA41

(54) 【発明の名称】 光導波路の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 光配線と光学部品との構成等に制約を殆ど受けることなく、自己形成光導波路の技術によりコア部を形成することができる光導波路の製造方法を提供すること。

【解決手段】 感光性組成物中に光配線の一の端面を浸漬した後、上記光配線の一の端面から光を照射することにより、上記感光性組成物中の光の経路に応じたコア部を形成する光導波路の製造方法であって、上記光配線の一の端面から照射する光は、上記光配線の側面を介して入射させた光であることを特徴とする光導波路の製造方法。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 感光性組成物中に光配線の一の端面を浸漬した後、前記光配線の一の端面から光を照射することにより、前記感光性組成物中の光の経路に応じたコア部を形成する光導波路の製造方法であって、前記光配線の一の端面から照射する光は、前記光配線の側面を介して入射させた光であることを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項 2】 前記光を入射させる光配線の側面を、前記光を入射させる前に、湾曲させておく請求項 1 に記載の光導波路の製造方法。

【請求項 3】 前記光配線の側面を介して入射させる光は、レンズにより集光した光である請求項 1 または 2 に記載の光導波路の製造方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、光導波路の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、光技術を利用した光通信や光情報処理、あるいは電子機器、光学機器等の分野が急速に進展しつつあり、各種光デバイスを接続するための光導波路の開発が大きな課題となっている。各種光デバイス間は光ファイバ等の光導波路部品を介して接続されるが、その接続には極めて高い位置精度が要求される。従来このような接続作業は手作業もしくは高精度な調芯設備により行われているため、接続コストが上昇する一因となるという問題があった。

【0003】そこで、このような問題を解決するために、自己形成光導波路の技術が開発されている。これは、感光性樹脂等を含む感光性組成物に、光ファイバの一の端面を浸漬し、この光ファイバの一の端面から感光性組成物に光を照射することにより感光性組成物を徐々に硬化させて、光ファイバの一の端面に光導波路のコア部を形成するものである。これにより、特に高価な調芯設備等を用いなくても、光ファイバと完全に結合した光導波路を製造することができ、これにより接続コスト上昇の一因となる問題を解決することができる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、自己形成光導波路の技術により光導波路を製造する場合、光ファイバの一の端面から感光性組成物へ光を照射する必要がある。そのような方法としては、光ファイバの他の端面側に光源を設けた後、その光源を用いて、光ファイバの他の端面から光を入射させる方法が用いられている。その方法によれば、入射させた光は、光ファイバ中で導波して光ファイバの一の端面から出射することになり、感光性組成物中の光の経路に応じたコア部を形成することができる。

【0005】しかしながら、光ファイバの他の端面側に

受光素子や発光素子等の光学部品が設けられている場合には、光ファイバの他の端面側に光源を設けることができないため、光ファイバの他の端面から光を入射させることができず、光ファイバの一の端面から感光性組成物へ光を照射することができなかった。すなわち、光ファイバ等を含む光デバイスの構成等によっては、自己形成光導波路の技術を用いることができなかったのである。このように自己形成光導波路の技術を用いることができない場合には、極めて高い位置精度が要求される煩雑な接続作業を行わなければならないため、工程が煩雑化する、コストが高むといった問題を避けることができなかった。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明者は、上記問題について鋭意検討を重ねた結果、光配線の側面を介して光を入射させることにより、光配線の他の端面側に光源を設けることができず、光配線の他の端面から光を入射させることができない場合であっても、光配線の一の端面から感光性組成物へ光を照射することができ、自己形成光導波路の技術を用いて光導波路を製造することが可能となることを見出し、本発明を完成させた。

【0007】すなわち、本発明の光導波路の製造方法は、感光性組成物中に光配線の一の端面を浸漬した後、上記光配線の一の端面から光を照射することにより、上記感光性組成物中の光の経路に応じたコア部を形成する光導波路の製造方法であって、上記光配線の一の端面から照射する光は、上記光配線の側面を介して入射させた光であることを特徴とする。

【0008】本発明の光導波路の製造方法において、上記光を入射させる光配線の側面を、上記光を入射させる前に、湾曲させておくことが望ましい。また、上記光配線の側面を介して入射させる光は、レンズにより集光した光であることが望ましい。

【0009】

【発明の実施の形態】本発明の光導波路の製造方法は、感光性組成物中に光配線の一の端面を浸漬した後、上記光配線の一の端面から光を照射することにより、上記感光性組成物中の光の経路に応じたコア部を形成する光導波路の製造方法であって、上記光配線の一の端面から照射する光は、上記光配線の側面を介して入射させた光であることを特徴とする。

【0010】本発明の光導波路の製造方法では、光配線の側面を介して光を入射させるため、光配線の他の端面側に光源を設けることができず、光配線の他の端面から光を入射させることができない場合であっても、光配線の一の端面から感光性組成物へ光を照射することが可能になる。従って、本発明の光導波路の製造方法によれば、光配線等と光学部品との構成等に制約を殆ど受けることなく、自己形成光導波路の技術により光導波路を製造することができるため、接続作業を簡略化することが

できるとともに、経済的にも有利である。

【0011】本明細書において、「光配線」とは、光ファイバ等の光導波路部品で、紫外線、可視光線、赤外線等の光を通し、それにより情報を伝達するためのものであるが、その材質は特に限定されず、例えば、無機材料よりなるものであっても、高分子材料（プラスチック）よりなるものであってもよい。上記光配線に用いられる材料は、紫外線、可視光線、赤外線等の光を通す材料であれば、上述したように特に限定されず、無機材料としては、例えば、石英ガラスを主成分とするもの、ソーダ石灰ガラス、ホウ珪ガラス等を主成分とする多成分ガラス等が挙げられ、高分子材料（プラスチック）としては、例えば、シリコーン樹脂、PMMA（ポリメタクリル酸メチル）等のアクリル樹脂等が挙げられる。さらに、高分子材料（プラスチック）として、場合によっては、下記する光導波路として用いられる材料も用いることができる。

【0012】また、本発明の光導波路の製造方法において用いる光配線は、その側面が被覆材により覆われていてもよく、覆われていなくてもよい。被覆材により覆われていない光配線を用いる場合、そのまま光配線の側面を介して光を入射させることができる。一方、被覆材により覆われている光配線を用いる場合には、上記被覆材の一部を取り除くことにより、光配線の側面を介して光を入射させることが可能になる。また、光を透過させることが可能な被覆材により覆われている光配線を用いる場合には、上記被覆材の一部を取り除くことなく、光配線の側面を介して光を入射させることも可能である。なお、以下の説明においては、被覆材により覆われていない光配線を用いる場合について説明する。

【0013】以下、本発明の光導波路の製造方法について、図面を参照しながら説明する。図1(a)～(d)は、本発明の光導波路の製造方法の一例を説明するための模式図である。なお、図中、白抜き矢印は、光配線の側面を介して入射させる光の経路、または、上記光配線中を導波する光の経路を模式的に示している。

【0014】(1) まず、感光性組成物中に光配線の一の端面を浸漬する。具体的には、感光性組成物1を光配線2の端面2aを包み込むように塗り付けたり（図1(a)参照）、感光性組成物を容器に入れ、ここに、光配線の一の端面を浸漬したりする。

【0015】このとき、防護壁7を設けておいてもよい（図1(a)参照）。本発明の光導波路の製造方法では、光源等を用いて照射した光を、光配線の側面を介して入射させるのであるが、このとき、光源等を用いて照射した光の一部が、光配線を介さずに感光性組成物に直接照射され、これにより感光性組成物が硬化してしまうおそれがある。そこで、防護壁を設けることにより、光配線を介さずに感光性組成物に照射される光等を遮蔽することができ、そのような光によって感光性組成物が硬

化してしまうことを防止することができる。上記防護壁の配設位置は、光配線を介さずに感光性組成物に直接照射される光を遮蔽することができる位置であれば特に限定されるものではない。また、上記防護壁の材質、形状等も特に限定されるものではなく、光配線を介さずに感光性組成物に直接照射させる光を遮蔽することができるものであればよい。

【0016】また、上記感光性組成物としては、硬化後に、光導波路としての基本的な特性、すなわち、所望の波長帯域の光に対して透過性を有するものであれば特に限定されず、具体的には、例えば、PMMA（ポリメチルメタクリレート）、重水素化PMMA、重水素フッ素化PMMA、フッ素化PMMA等のアクリル樹脂に、必要に応じて、単量体や光重合開始剤、増感剤等の各種添加剤、溶剤等を含むものが挙げられる。

【0017】また、上記感光性組成物として、エポキシ樹脂、フッ素化エポキシ樹脂、ポリオレフィン系樹脂、重水素化シリコーン樹脂等のシリコーン樹脂、ベンゾシクロブテン等に感光性を付与したものを樹脂成分として含み、さらに、必要に応じて、単量体や光重合開始剤、増感剤等の各種添加剤、溶剤等を含むものも挙げられる。なお、上記樹脂成分に感光性を付与する方法としては、例えば、その末端や側鎖にアリル基やアクリロイル基を付与する方法等が挙げられる。また、アリル基やアクリロイル基を分子の末端または側鎖にもつポリエン化合物と、ポリチオール化合物と、光重合開始剤と、必要に応じて、各種添加剤や溶剤等を含むものも感光性組成物として用いることができる。本発明の光導波路の製造方法に用いる感光性組成物は、上述したような有機組成物であることが望ましいが、上記感光性組成物は有機組成物に限定されるものではなく、例えば、石英にGe、P等をドーブしたもの等からなる無機組成物であってもよい。

【0018】なお、本明細書において、有機組成物からなる感光性組成物は、光の照射により化学反応を起こす高分子のみならず、光の照射により光重合反応が進行する単量体、例えば、(メタ)アクリル酸メチル等も含むものとし、さらには、2種類以上の樹脂成分および/または単量体が、光の照射により化学反応を起こし、樹脂複合体を形成するものも含むものとする。

【0019】また、本発明の製造方法で用いる感光性組成物は、光を照射することにより硬化反応が進行するものであればよく、例えば、エポキシ樹脂と、芳香族ジアゾニウム塩、芳香族ヨードニウム塩等の光を照射することによりルイス酸を発生する光開始剤とを含むものであってもよい。また、ベンゾインアルキルエーテル、アセトフェノン誘導体類、ベンゾフェノンやその誘導体等の光を照射することによりラジカルを生成する光開始剤と、ラジカル重合機構により重合が進行する樹脂成分とを含むものや、塩素化アセトフェノンやその誘導体等の光を

照射することにより強酸が遊離する光開始剤と、酸により重合が進行する樹脂成分とを含むものであってもよい。

【0020】上記感光性組成物中には、さらに、樹脂粒子、無機粒子、金属粒子等の粒子が含まれていてもよい。このような粒子を含む感光性組成物を用いて光導波路を製造することにより、光配線と光導波路との間で熱膨張係数の整合をはかることができる。

【0021】上記樹脂粒子としては、例えば、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、感光性樹脂、熱硬化性樹脂の一部が感光性化された樹脂、熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂との樹脂複合体、感光性樹脂と熱可塑性樹脂との複合体等からなるものが挙げられる。

【0022】具体的には、例えば、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ポリイミド樹脂、ビスマレイミド樹脂、ポリフェニレン樹脂、ポリオレフィン樹脂、フッ素樹脂等の熱硬化性樹脂；これらの熱硬化性樹脂の熱硬化基（例えば、エポキシ樹脂におけるエポキシ基）にメタクリル酸やアクリル酸等を反応させ、アクリル基を付与した樹脂；フェノキシ樹脂、ポリエーテルスルホン（PE S）、ポリスルホン（PSF）、ポリフェニレンスルホン（PPS）、ポリフェニレンサルファイド（PPE S）、ポリフェニルエーテル（PPE）、ポリエーテルイミド（PI）等の熱可塑性樹脂；アクリル樹脂等の感光性樹脂等からなるものが挙げられる。また、上記熱硬化性樹脂と上記熱可塑性樹脂との樹脂複合体や、上記アクリル基を付与した樹脂や上記感光性樹脂と上記熱可塑性樹脂との樹脂複合体からなるものを用いることもできる。また、上記樹脂粒子としては、ゴムからなる樹脂粒子を用いることもできる。

【0023】また、上記無機粒子としては、例えば、アルミナ、水酸化アルミニウム等のアルミニウム化合物、炭酸カルシウム、水酸化カルシウム等のカルシウム化合物、炭酸カリウム等のカリウム化合物、マグネシア、ドロマイト、塩基性炭酸マグネシウム等のマグネシウム化合物、シリカ、ゼオライト等のケイ素化合物等からなるものが挙げられる。また、上記無機粒子として、リンやリン化合物からなるものを用いることもできる。

【0024】上記金属粒子としては、例えば、金、銀、銅、パラジウム、ニッケル、白金、鉄、亜鉛、鉛、アルミニウム、マグネシウム、カルシウム等からなるものが挙げられる。これらの樹脂粒子、無機粒子および金属粒子は、単独で用いても良いし、2種以上併用してもよい。

【0025】また、上記粒子の形状は特に限定されず、例えば、球状、楕円球状、破碎状、多面体状等が挙げられる。これらのなかでは、球状、または、楕円球状が望ましい。球状や楕円球状の粒子には角がないため、光導波路にクラック等が発生しにくいからである。

【0026】また、上記粒子の粒径は、通信波長より短

いことが望ましい。粒径が通信波長より長いと光信号の伝送を阻害することがあるからである。なお、本明細書において、粒子の粒径とは、粒子の一番長い部分の長さをいう。

【0027】上記感光性組成物に粒子が含まれる場合、その配合量は、硬化後の配合量で10～80重量%であることが望ましく、20～70重量%であることがより望ましい。粒子の配合量が10重量%未満であると、粒子を配合させる効果があまり得られないことがあり、一方、粒子の配合量が80重量%を超えると、光信号の伝送が阻害されることがあるからである。

【0028】また、本発明の光導波路の製造方法では、照射した光の経路に応じて、光配線側から徐々にコア部が形成されていくため、上記感光性組成物は、硬化後に、その屈折率が硬化前よりも高くなるものであることが望ましい。硬化後に光屈折率が高くなることにより、光配線を介して照射した光が形成されたコア部に閉じ込められつつ、先端から集中的に照射されることとなり、光の経路に応じた光導波路をより確実に製造することができるからである。

【0029】本発明の光導波路の製造方法では、光配線の一の端面を感光性組成物に浸漬した状態でコア部の形成を行うため、この感光性組成物の硬化後の光屈折率は、上記光配線のコアの光屈折率の75～125%であることが望ましい。上記範囲の光屈折率を有するコア部を形成することができる感光性組成物を用いる場合には、上記光配線の端面に特に平坦化処理が施されていない場合や、上記光配線の端面のJIS B 0601に基づく面粗度が0.1μm以上であっても、該光配線との接続性に優れたコア部を形成することができるからである。上記感光性組成物の硬化後の光屈折率は、上記光配線のコアの光屈折率の85～115%であることがより望ましく、95～105%であることが特に望ましい。

【0030】上記光配線のコアの光屈折率は、その材料により異なるが、例えば、純粋石英ガラスの光屈折率は、 n_D が約1.46であるので、純粋石英ガラスを光配線に用いる場合には、感光性組成物の硬化後の光屈折率 n_D が、約1.24～約1.82であるものを用いることが望ましい。なお、上記光屈折率 n_D は、Naの輝線589nmの光を通過させたときの屈折率を意味する。また、光配線や光導波路に用いる樹脂等の光屈折率は、その波長に依存して変化するが、その比（光導波路のコア部の光屈折率/光配線のコアの光屈折率）は、例えば、紫外線領域～近赤外線領域において殆ど変わらない。

【0031】また、硬化前のコア部の光屈折率、すなわち、上記感光性組成物自体の光屈折率もまた、上記光配線のコアの光屈折率の75～125%であることが望ましい。より望ましくは85～115%であり、特に望ま

しくは 95~105%である。

【0032】このように本発明の製造方法では、硬化後に上記した範囲の光屈折率を有する感光性組成物を選択して使用することが望ましいが、上記した範囲外の光屈折率となる感光性組成物であっても、その光屈折率を調整して使用することができる。また、ここで、感光性組成物の光屈折率を調整する場合、硬化前後のコア部の光屈折率が上記範囲になるように調整することが望ましい。

【0033】一般に、高分子の光屈折率は、分子屈折と分子容との比（以下、（分子屈折）／（分子容）と示す）が大きければ大きくなるため、分子屈折および／または分子容を調整することにより、高分子の光屈折率を調整することができる。

【0034】具体的には、分子屈折（高分子の折り返し単位を構成する個々の基の原子屈折の総和）を調整する場合には、例えば、塩素、イオウ等の分極率の大きな基を導入すると原子屈折が上がるため、分子屈折を大きくすることができる。また、二重結合基や芳香族環基を導入し、分子の対称性を下げた場合にも分極率が大きくなり、原子屈折が上がるため、分子屈折を大きくすることができる。

【0035】また、分子容（分子量／密度）を調整する場合には、例えば、密度を調整すればよく、この場合には、例えば、架橋点間分子量を小さくすることにより密度を大きくすることができる。また、例えば、フッ素は分極率に比してその体積が大きいため、フッ素を含む基を導入することによっても密度を大きくすることができる。

【0036】なお、本明細書において、「光配線のコアの光屈折率」とは、光配線のコアがステップインデックス光ファイバ（SI型光ファイバ）のコアのように単一の光屈折率を有するものである場合には、その光屈折率をいい、グレードインデックス光ファイバのようにある範囲の光屈折率を有するものである場合には、そのピーク光屈折率をいう。

【0037】（2）次に、光配線 2 の側面を介して光を入射させることにより、光配線 2 の一の端面から光を照射する（図 1（b）参照）。その結果、感光性組成物 1 中の光の経路に応じたコア部を形成することができる。光配線 2 の側面を介して光を入射させることにより、入射させた光の一部は、光配線 2 中を導波して光配線 2 の一の端面から感光性組成物中に出射され、その結果、感光性組成物中に出射された光の経路に応じてコア部が形成されることになる。

【0038】このとき、上記光配線の側面を介して入射させる光としては特に限定されず、上述した感光性組成物の組成等を考慮して適宜選択すればよく、例えば、上記感光性組成物が、紫外線領域にて感光性を有する組成物であれば、紫外線領域の波長の光を照射すればよい。

紫外線領域の波長の光を照射する光源としては、例えば、高圧水銀ランプ等を用いることができる。また、メタルハライドランプやキセノンランプ、レーザ等も使用することができる。また、上記光源は、必ずしも一つである必要はない。複数の光源を用いて複数の箇所から、光配線の側面を介して光を入射させることとしてもよい。

【0039】また、上記光配線の側面を介して入射させる光は、レンズにより集光した光であることが望ましい。レンズにより集光しない場合と比べると、光配線の側面を介して入射させる光の強度を強くすることができるとともに、光配線のコアに向けて効率よく光を入射させることができるため、光配線の一の端面から感光性組成物へ照射する光の強度を強くすることができるからである。このように、感光性組成物へ強い強度の光を照射することにより、上記光配線の一の端面から効率よくコア部を形成することができる。上記レンズとしては、光を集光することが可能なレンズであれば、特に限定されるものではなく、例えば、従来公知の集光レンズ等を挙げることができる。

【0040】光配線の側面を介して入射させる光と、該光配線の光軸とのなす角の角度は 0° を超えていれば特に限定されるものではないが、その角度は小さいほど望ましい。光配線の側面を介して入射させた光が光配線を透過してしまうことを抑制することにより、上記光配線における光の損失を低減することができるため、上記光配線の一の端面から効率よくコア部を形成することができるからである。

【0041】なお、光配線の側面を介して入射させた光は、必ずしも、全反射により光配線中を導波する必要はない。光配線の側面を介して入射させた光は、光配線内において反射する際に徐々に減衰しながら、光配線の一の端面から出射してもよい。

【0042】また、本発明の光導波路の製造方法では、光配線の側面を介して光を入射させるため、入射させた光の一部が上記光配線のクラッドを導波し、光配線の一の端面におけるクラッドからコア部が形成されてしまうことが危惧される。しかしながら、クラッドを導波する光は、コアを導波する光と比べると減衰しやすく、上記光配線の一の端面に到達するまでに殆ど消滅してしまうため、上記クラッドからコア部が形成されることは略皆無であるといえる。

【0043】（3）このように光配線の一の端面から光を照射することにより、感光性組成物が、光の経路に応じて、光配線側から硬化しはじめ、光配線のコアの延長上に光導波路のコア部が形成されることになる（図 1（c）～（d）参照）。また、本発明の光導波路の製造方法は、光配線の他の端面（感光性組成物中に浸漬していない端面）を介して光を入射させることが可能である場合にも用いることができ、この場合には、上記光配線

の側面を介して光を入射させるとともに、上記光配線の他の端面を介して光を入射させてもよい。このようにすることにより、感光性組成物へ照射する光の強度を強くすることができるため、上記光配線の一の端面からより効率よくコア部を形成することが可能になる。

【0044】なお、本発明の光導波路の製造方法では、図1に示すように、光配線の光を入射させる側面が真っ直ぐであってもよいが、光を入射させる光配線の側面を、光を入射させる前に、湾曲させておくことが望ましい。光配線の側面を介して入射させた光が光配線を透過してしまふことを抑制することができ、上記光配線における光の損失を低減することができるため、上記光配線の一の端面から効率よくコア部を形成することができるからである。図2(a)～(d)は、本発明の光導波路の製造方法の他の一例を説明するための模式図である。なお、図中、白抜き矢印は、光配線の側面を介して入射させる光の経路、または、上記光配線中を導波する光の経路を模式的に示している。

【0045】(1) まず、光配線12の側面を湾曲させ、感光性組成物11中に光配線12の一の端面を浸漬する。なお、感光性組成物中に光配線の一の端面を浸漬した後、該光配線の側面を湾曲させてもよい。また、上記光配線を湾曲させる程度については、光配線に損傷を与えない程度であれば、特に限定されるものではなく、光配線の屈折率等に応じて適宜設定することが可能である。

【0046】また、感光性組成物中に光配線の一の端面を浸漬する方法としては、図1を参照しながら説明した光導波路の製造方法と同様に、感光性組成物11を光配線12の端面12aを包み込むように塗り付けたり(図2(a)参照)、感光性組成物を容器に入れ、ここに、光配線の一の端面を浸漬したりする。このとき、図1を参照しながら説明した光導波路の製造方法と同様に、防壁17を設けておいてもよい(図2(a)参照)。また、上記感光性組成物についても、図1を参照しながら説明した光導波路の製造方法と同様のものを用いることができる。

【0047】(2) 次に、光配線12の湾曲させた側面を介して光を入射させることにより、光配線12の一の端面から光を照射する(図2(b)参照)。その結果、感光性組成物11中の光の経路に応じたコア部を形成することができる。

【0048】上記光配線の湾曲させた側面を介して入射させる光は、光を入射させる箇所における該光配線の光軸に対して略平行であることが望ましい。光配線の湾曲させた側面を介して入射させた光が該光配線を透過してしまうことをより確実に抑制することができ、上記光配線における光の損失を低減することができるため、上記光配線の一の端面から効率よくコア部を形成することができるからである。

【0049】(3) このように光配線の一の端面から光を照射することにより、感光性組成物が、光の経路に応じて、光配線側から硬化しはじめ、光配線のコアの延長上に光導波路のコア部が形成されることになる(図2(c)～(d)参照)。

【0050】また、図2を参照しながら説明した光導波路の製造方法は、光配線の湾曲させた側面の一箇所から光を入射させる方法であったが、光配線の湾曲させた側面の複数の箇所から光を入射させる方法を用いることにしてもよい。具体的には、光配線を螺旋状にすることにより、1個の光源を用いて、光配線の湾曲させた側面の複数の箇所から略同時に光を入射させてもよい。この場合、光配線の湾曲させた側面の一箇所から光を入射させる方法と比べて、効率よく光配線に光を入射させることができるため、上記光配線の一の端面から効率よくコア部を形成することができる。勿論、光配線を螺旋状にした後、複数の光源を用いて、光配線の湾曲させた側面の複数の箇所から略同時に光を入射させてもよい。さらに、光配線の他の端面(感光性組成物中に浸漬していない端面)を介して光を入射させることが可能である場合には、上記光配線の湾曲させた側面を介して光を入射させるとともに、上記光配線の他の端面を介して光を入射させてもよい。このようにすることにより、上記光配線の一の端面から感光性組成物へ照射する光の強度を強くすることができるため、上記光配線の一の端面からより効率よくコア部を形成することが可能になる。

【0051】本発明の光導波路の製造方法では、図1を参照しながら説明した光導波路の製造方法や、図2を参照しながら説明した光導波路の製造方法等により、光の経路に応じて硬化したコア部と、未硬化のクラッド部とからなる光導波路を製造することができる。しかしながら、未硬化のクラッド部は、通常液体であり、この状態では、コア部が流動しやすく、光導波路として非常に不安定である。

【0052】従って、上記コア部を形成した後、上記未硬化のクラッド部に硬化処理を施すことにより、固体のクラッド部を形成することが望ましい。そこで、上記コア部を形成した後、未硬化のクラッド部に光を照射することにより、系全体を固体化することが可能である。しかしながら、上記感光性組成物として1種類の感光性樹脂のみを含むものを使用する場合には、クラッド部の硬化により、コア部とクラッド部とがほぼ同一の光屈折率を有することとなり、コア部に光を閉じ込めることができなくなるため、光導波路として機能しなくなってしまう。そのため、以下のような方法を用いて固体化したクラッド部を形成することにより、系全体が固体化した安定な光導波路とすることが望ましい。

【0053】上記クラッド部を形成する場合には、例えば、上記コア部を形成した後、その周囲の未硬化の感光性組成物を除去し、続いて、上記コア部を別の樹脂組成

物（感光性組成物であってもよいし、感光性組成物でなくてもよい）に浸漬した後、この樹脂組成物に硬化処理を施すことにより安定なクラッド部を形成することができる。しかしながら、この方法は、形成するコア部の長さによっては、未硬化の感光性組成物を除去する際に、コア部の取り扱いを極めて慎重に行わなければならない、あまり実用的ではないことがある。従って、例えば、下記のような方法を用いることが望ましい。

【0054】すなわち、コア部を形成するための感光性組成物（以下、コア形成用樹脂ともいう）中に、予め、別途、クラッド部を形成するための樹脂（以下、クラッド形成用樹脂ともいう）を混合しておく。ここで、クラッド形成用樹脂としては、上記コア部を形成するための感光性組成物よりも強い強度の光を受けて初めて重合する感光性組成物であって、硬化前後の光屈折率がともにコア部の光屈折率よりも小さいものを選択しておく。上記クラッド形成用樹脂としては、上記した特性を有するものであれば、上述した感光性組成物を適宜選択して使用することができる。

【0055】そして、上述したように、光配線の側面を介して、該光配線の一の端面から上記感光性組成物へ光を照射する。その際、コア形成用樹脂の重合は可能であるが、クラッド形成用樹脂の重合は実質的に殆ど不可能な強度の光を照射する。すると、感光性組成物のうち感光性がより高いコア形成用樹脂が選択的に重合を開始する。コア形成用樹脂およびクラッド形成用樹脂を含む感光性組成物のうち、コア形成用樹脂が重合を始めると、未硬化のクラッド形成用樹脂は、流動性を保っているため、硬化していくコア形成用樹脂から排除されていく。また、コア部の光屈折率は未硬化のクラッド形成用樹脂の光屈折率よりも大きいので、光配線の一の端面から照射した光は形成されたコア部に閉じ込められつつ、先端に集中的に照射される。その結果、光配線の一の端面から照射された光によって、光の経路に応じてコア形成用樹脂が優先的に硬化し、その光の経路に応じたコア部が形成され、その周囲を未硬化の感光性組成物が包囲した状態となる。

【0056】この後、例えば、光源からの光を未硬化の感光性組成物全体に照射することができるようし、光源の出力を上げてクラッド形成用樹脂を重合させることが可能な強度の光を照射する。すると、クラッド形成用樹脂および未硬化のコア形成用樹脂が硬化してコア部の周囲に安定なクラッド部を形成することができる。

【0057】このように、予め重合反応が進行する光の強度が異なる2種類の感光性組成物を混合しておき、コア部とクラッド部とを形成する場合、コア形成用樹脂およびクラッド形成用樹脂としては、例えば、互いに異なる重合反応機構を経て重合反応が進行する樹脂を選択することができる。すなわち、アクリル系樹脂に代表されるようなラジカルによる逐次重合反応によって重合が進

むラジカル重合系の感光性組成物と、エポキシ系樹脂に代表されるようなイオン対を介して重合が進むカチオン重合系の感光性組成物とを選択することができる。これらを選択した場合、ラジカル重合系の感光性組成物の方が、カチオン重合系の感光性組成物よりも重合反応が急速に進行するため、光の強度が弱い場合には、アクリル系樹脂だけが選択的に重合することになる。

【0058】また、より確実に一方の感光性組成物の重合が進行するように、上述の2種類の感光性組成物の重合の進み具合にさらに差をつけてもよい。これは、例えば、ラジカル重合系の感光性組成物の重合反応速度を速くすることにより行うことができる。具体的には、アクリル系樹脂を例にとると、アクリル系樹脂の単位質量あたりに含まれるアクリル基の数を多く（すなわち、アクリル当量を少なく）したり、単量体の濃度を高めることにより、重合に関与する反応基の濃度を高くして重合反応速度を速くすることができる。また、光重合開始剤の量子収率（光子量あたりのラジカル生成量）や濃度を高くして重合反応速度を速くすることもできる。

【0059】また、2種類の感光性組成物の重合の進み具合に差をつけることは、カチオン重合系の感光性組成物の重合反応速度を遅くすることによっても行うことができる。具体的には、エポキシ系樹脂を例にとると、エポキシ系樹脂の単位質量あたりに含まれるエポキシ基の数を少なく（すなわち、エポキシ当量を多く）したり、単量体の濃度を低くすることにより、重合に関与する反応基の濃度を低くして重合反応速度を遅くすることができる。また、重合に関与するイオン対の非求核性を低くしたり、または、光重合開始剤の量子収率（光子量あたりのカチオン生成量）を低くして重合反応速度を遅くすることもできる。

【0060】また、同一の機構を経て重合反応が進行する感光性組成物同士を混合しても、どちらか一方の感光性組成物のみを選択的に重合させることができる。この場合、同一の機構で反応が進行するため、光重合開始剤や増感剤の異なる感光性組成物同士を混合しても選択的に重合させることは困難であるが、マトリクスであるオリゴマ分子に反応基の濃度差をつけることにより一方の感光性組成物のみを選択的に重合させることができる。例えば、ラジカル重合系のアクリル樹脂であれば、反応基であるアクリル当量に差をつければ、ある照射光にて反応基の多い（すなわち、アクリル当量の少ない）方が選択的に重合する。

【0061】このようなコア形成用樹脂およびクラッド形成用樹脂を用いて光導波路を製造する場合、1種類の光源で両者の重合反応を行うことができるため、設備コストや工程数を少なくすることができる。なお、コア形成用樹脂とクラッド形成用樹脂とを選択する際に、両者の硬化波長が全く同一でない場合でも、増感剤等を添加することにより、1種類の光源で両者の重合反応を行う

ことができる。これは、照射する光の波長域に吸収を持たないか、または、少量しか持たない感光性組成物であっても、その波長域に吸収を持つ適当な増感剤を添加し、その増感剤が吸収したエネルギーを利用することにより、重合反応を進行させることができるからである。すなわち、増感剤を添加すると照射光の波長域内に大きな吸収を持たせ、結果として感度を増大させることができる。一般にこのような増感された吸収波長域はラジカル発生剤本来の持つ吸収波長域よりもより長波長側に拡大され、光源の発する光子を効率よく利用することができるので、感度が上昇する。

【0062】また、上記クラッド形成用樹脂として、上記した特性を有する感光性組成物に代えて、加熱処理を行うことにより始めて重合が進行する樹脂組成物を選択し、さらに、コア部を形成した後、強度の強い光を未硬化の感光性組成物全体に照射する方法に代えて、未硬化の樹脂を加熱硬化させる方法を用いて安定なクラッド部を形成し、光導波路としてもよい。

【0063】さらには、クラッド形成用樹脂として、上記コア形成用樹脂とは異なる波長の光を照射することにより初めて重合し、硬化後の光屈折率が硬化後のコア形成用樹脂の光屈折率よりも小さいものを選択しておき、コア部を形成した後、未硬化の感光性組成物全体にクラッド形成用樹脂が重合する波長の光を照射する方法を用いてクラッド部を形成し、コア部の周囲に安定なクラッド部を形成してもよい。なお、2種類以上の感光性組成物（例えば、コア形成用樹脂とクラッド形成用樹脂）を含むものを用いる場合、その混合比は特に限定されない。このような製造方法を用いることにより、光配線との接続性に優れるとともに、系全体が固体化して安定性に優れる光導波路を製造することができる。

【0064】また、本発明の光導波路の製造方法は、2本の光配線間を光学的に接続する光導波路を製造する方法としても用いることができる。図3(a)～(d)は、本発明の光導波路の製造方法の別の一例を説明するための模式図である。

【0065】具体的には、まず、光学的に結合すべき対をなす光配線22、22'を対向配置し、この光配線22、22'の端面22a、22'a間を包囲するように感光性組成物を塗布する等により、光配線22、22'の向き合った端面22a、22'aとともに、感光性組成物21に浸漬する(図3(a)参照)。次に、上記感光性組成物21を硬化させるための光を、一方の光配線22の側面を介して入射させ、光配線22の端面22aから対向する光配線22'に向けて照射する(図3

(b)参照)。このように、一方の光配線22から他方の光配線22'に向かって光を照射することにより、感光性組成物21が、光の経路に応じて、光配線22側から序々に硬化し、光配線22と光配線22'とを接続する光導波路のコア部が形成されることとなる(図3

(c)～(d)参照)。この後、上記した方法と同様の方法を用いてクラッド部を形成することにより、2本の光配線間を光学的に接続する光導波路を製造することができる。

【0066】また、2本の光配線間を接続するコア部を形成した後、該コア部の周囲にクラッド部を形成する際には、コア部の両端を引っ張りながら、または、コア部の両端を引っ張った状態を維持しながらクラッド部を形成することが望ましい。このようにコア部の両端を引っ張ることにより、コア部の形状を安定化させることができるため、このコア部の周囲にクラッド部を形成することにより、安定化した形状のコア部と、安定なクラッド部とからなる光導波路を製造することができる。また、上述したようにコア部を引っ張りながらクラッド部を形成する方法は、まず、コア形成用樹脂のみからなる感光性組成物を用いてコア部を形成した後、未硬化の感光性組成物を除去し、続いて、上記コア部を別の樹脂組成物にした後、この樹脂組成物に硬化処理を施すことにより安定なクラッド部を形成する光導波路の製造方法においても好適に用いることができる。

【0067】また、上述した2本の光配線間を接続する光導波路の製造方法では、1本の光配線の端面のみから光を照射しているが、この方法に代えて、2本の光配線のそれぞれの端面から他方の光配線に向かって光を照射してもよい。この場合、それぞれの光配線の側面を介して光を入射させることにしてもよく、また、2本の光配線のうち、一の光配線では、その側面を介して光を入射させ、他の光配線では、その端面から光を入射させることにしてもよい。いずれの方法を用いるかについては、光配線と光学部品との構造等により選択することが可能である。また、2本の光配線のそれぞれの向き合った端面から同時に光を照射してもよいし、それぞれの向き合った光配線の端面から交互に光を照射してもよい。

【0068】また、2本の光配線のそれぞれの端面から他方の光配線に向かって、同時に光を照射する場合には、2本の光配線の光軸がズレていたとしても、2本の光配線間を接続するコア部を形成することができる。すなわち、まず、光学的に接続する2本の光配線32、32'のそれぞれの端面を感光性組成物31に浸漬するとともに、その端面同士がほぼ対向するように光配線を配置する。なお、光配線同士的光軸はズレている(図4(a)参照)。次に、2本の光配線32、32'のそれぞれの端面32a、32'aから感光性組成物31を硬化させるための光を相手側の光配線32'、32に向けて照射する(図4(b)参照)。この場合、光配線32、32'のそれぞれの端面から出射される互いの出射光X、Yが重なり合う部分Zにおいて光の強度が高くなる。そこで、その重畳部分Zの光の強度をコア形成用樹脂のみが重合可能な強度となるように設定すれば、互いの出射光が重なり合う部分Zにコア部34が形成される

ことになる(図4(c)参照)。この方法では、一対の光配線32、32'の光軸がズレていたとしても、両光配線32、32'の端面32a、32'a同士を結ぶ光の経路にコア部34が形成され、高い確率で両者を光学的に結合させることできる。

【0069】上述したように、本発明の光導波路の製造方法では、異なる光配線を接続するコア部を形成することが可能であるが、このとき、一の光配線に代えて、受光素子等の光学部品を使用し、その受光面(受光部)と他の光配線の一の端面とを感光性組成物中に浸漬することにより、上記光学部品の受光面と上記他の光配線の一の端面とを直接接続するコア部を形成することも可能である。この場合、上記他の光配線の側面を介して光を入射させ、上記他の光配線の一の端面から、上記受光面へ光を照射することになる。また、一の光配線に代えて、発光素子等の光学部品を使用し、上述した方法と同様の方法を用いることにより、上記光学部品の発光面と上記他の光配線の一の端面とを直接接続するコア部を形成することも可能である。なお、一の光配線に代えて用いることができる光学部品は、上述した発光素子や受光素子等の能動光学部品に限定されるものではなく、例えば、

【0070】

【実施例】以下、本発明をさらに詳細に説明する。

【0071】(実施例1)光導波路の製造(図5参照)

(1)ファイバカッターを用いて端面処理を施した、長さ約1mのGI型石英製マルチモード光ファイバ(フジクラ社製、コア/クラッド=50/125 μ m)を用意した。さらに、光ファイバ42の端面42bに着色テープを貼り付け、紫外線照射装置45(松下マシンアンドビジョン社製、5252L)を用いて照射する紫外線が、光ファイバ42の端面42bから入射しないようにした。

【0072】(2)次に、光ファイバ42の側面を湾曲させた。なお、光ファイバ42の湾曲させた箇所における曲率半径は100mm程度であった。ここで曲率半径とは、光を入射させる箇所における曲率円の半径をいう。さらに、高圧水銀ランプを光源とした紫外線照射装置45よりライトガイド48を通じて照射された紫外線を、光ファイバ42の湾曲させた側面を介して入射させた。このとき、ライトガイド48の軸(中心軸)と、光を入射させる箇所における光ファイバ42の光軸とを略合致させた状態で、光ファイバ42の湾曲させた側面を介して紫外線を入射させた。

【0073】その後、出射側とする光ファイバ42の端面42aから照射される紫外線の強度を紫外線照度計(ウシオ電機社製、UIT-150)を用いて測定し

た。その結果、紫外線の強度は、0.01mW/cm²以下(検出限界以下)であった。しかし、光ファイバ42の端面42aから光が照射されていることは、光ファイバ42の端面42aから光(ランプ光に含まれる可視光線)が視認することができたことにより確認した。

【0074】(3)次に、光ファイバ42の端面42aを光ファイバ用V溝基板46(モリテックス社製、石英V溝)上に載置し、端面42aの全体に感光性組成物41(ロックタイト社製、Loctite358)を隙間なく埋まるように塗布した。次に光ファイバ用V溝基板46上にV溝押さえ板を載置し、該押さえ板にて光ファイバ42の端面42aおよび感光性組成物41を動かないように固定した。

【0075】(4)次に、光ファイバ42を固定したまま、上記(2)の工程と同様の方法を用いて、紫外線を感光性組成物41に照射することにより(図5参照)、感光性組成物31を硬化させ、光導波路を製造した。

【0076】上記(4)の工程で紫外線を5分間照射した結果、その長さが約30 μ m~約50 μ mのコア部が形成されているのが、顕微鏡(キーエンス社製、VH-7000)により確認された。

【0077】(実施例2)光導波路の製造

光ファイバの湾曲した側面を介して、光ファイバの一の端面から感光性組成物に光を照射する際、紫外線照射装置よりライトガイドを通じて照射された紫外線を、集光レンズ(松下マシンアンドビジョン社製)により集光した後、上記光ファイバの湾曲した側面を介して入射させることとした以外は、実施例1と同様にして光導波路を製造した。なお、上記紫外線照射装置より照射した紫外線の強度は、実施例1と同じとした。また、紫外線を照射した時間についても、実施例1と同様に5分間とした。

【0078】その結果、実施例1で形成したコア部(長さ:約30~50 μ m)より長いコア部が形成されているのが、顕微鏡により確認された。実施例2において形成したコア部が、実施例1において形成したコア部より長かったのは、紫外線照射装置よりライトガイドを通じて照射された紫外線を、集光レンズにより集光させることにより、光ファイバの湾曲した側面を介して入射させる紫外線の強度を強くするとともに、効率よく光ファイバのコアに光を入射させることができたためであると考えられる。

【0079】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の光導波路の製造方法では、光配線の側面を介して光を入射させるため、光配線の他の端面側に光源を設けることができず、光配線の他の端面から光を入射させることができない場合であっても、光配線の一の端面から感光性組成物へ光を照射することが可能になる。従って、本発明の光導波路の製造方法によれば、光配線と光学部品との構成

等に制約を殆ど受けることなく、自己形成光導波路の技術により光導波路を製造することができるため、接続作業を簡略化できるとともに、経済的にも有利である。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)～(b)は、本発明の光導波路の製造方法の一例を説明するための模式図である。

【図2】(a)～(b)は、本発明の光導波路の製造方法の他の一例を説明するための模式図である。

【図3】(a)～(d)は、本発明の光導波路の製造方法により、異なる光配線間を接続するコア部を形成する

方法の一例について説明するための模式図である。
【図4】(a)～(c)は、本発明の光導波路の製造方法により、異なる光配線間を接続するコア部を形成する*

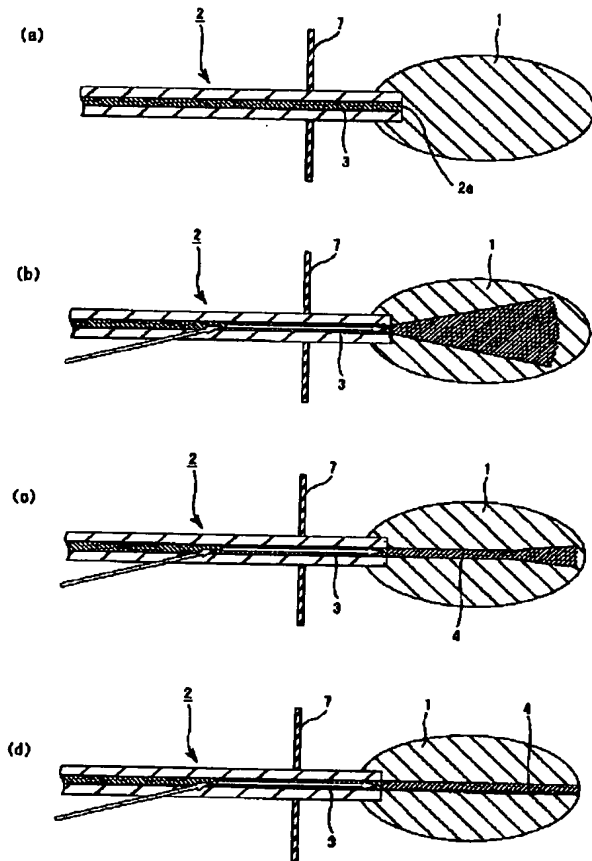
* 方法の他の一例について説明するための模式図である。

【図5】実施例1で行った光導波路の製造方法を説明するための概略図である。

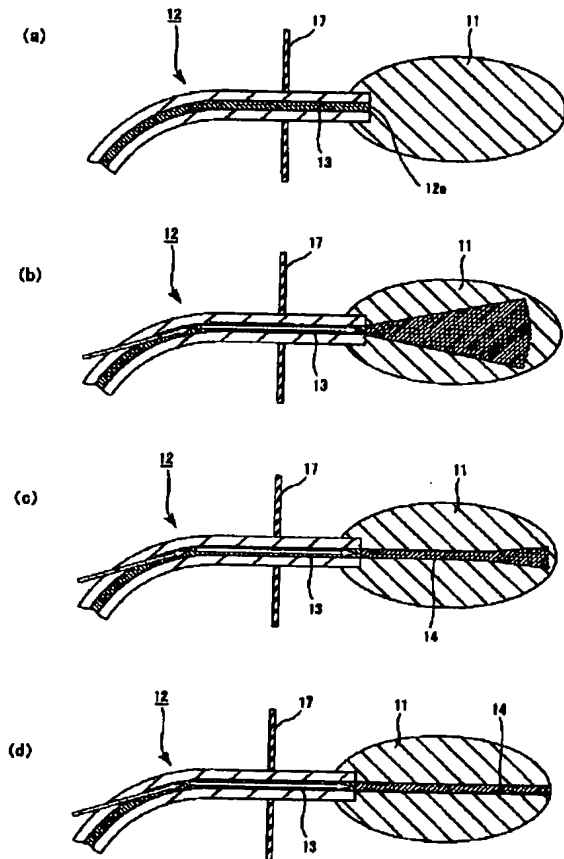
【符号の説明】

- 1、11、21、31、41 感光性組成物
- 2、12、22、32、42 光ファイバ
- 2a、12a、22a、32a、42a、42b (光ファイバの) 端面
- 3、13、23、33、43 コア
- 4、14、24、34、44 コア部
- 7、17 防護壁
- 45 紫外線照射装置
- 48 ライトガイド

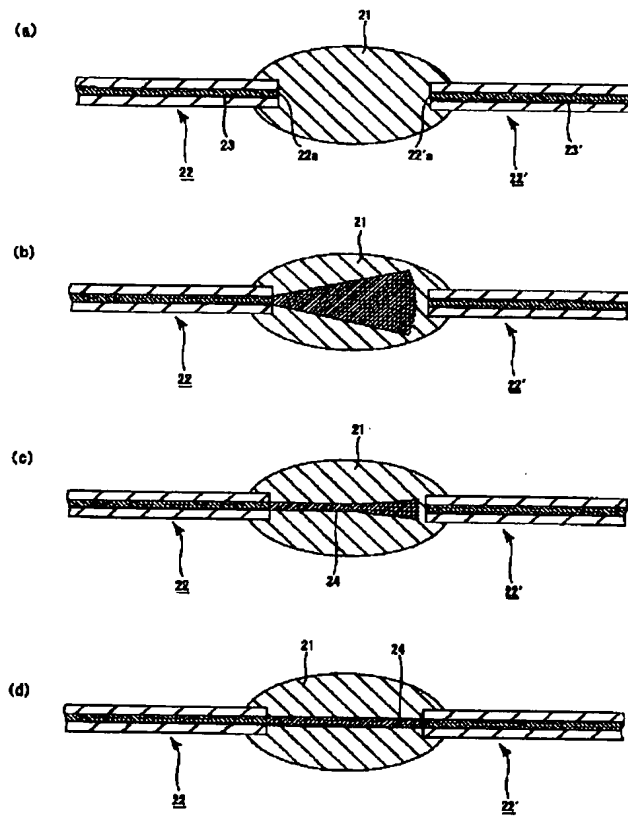
【図1】



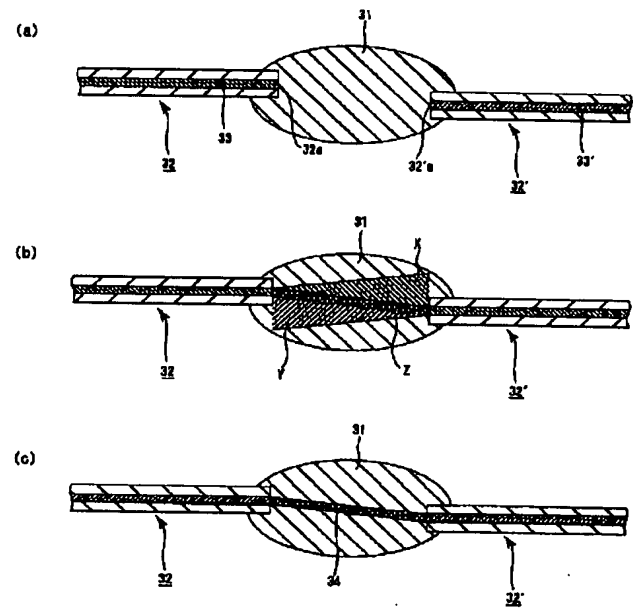
【図2】



【図 3】



【図 4】



【図 5】

